

Marianne Keränen

## **HAKELÄMMITYSLAITTEISTON TUHKANPOISTON AUTOMATISOINNIN SUUNNITTELU**

# **HAKELÄMMITYSLAITTEISTON TUHKANPOISTON AUTOMATISOINNIN SUUNNITTELU**

Marianne Keränen  
Opinnäytetyö  
Syksy 2015  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

---

Tekijä: Marianne Keränen

Opinnäytetyön nimi: Hakelämmityslaitteiston tuhkanpoiston automatisoinnin suunnittelu

Työn ohjaaja: Matti Broström

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: syksy 2015

Sivumäärä: 28+6

---

Insinöörityössä suunniteltiin automaattinen tuhkanpoistojärjestelmä lämmityslaitteille Mäkelän maatilalle, joka sijaitsee Pyhäjoen Pirttikoskella. Työn vaatimuksena oli suunnitella kaikki tarvittavat komponentit, joilla tuhkanpoistojärjestelmä voidaan myöhemmin toteuttaa. Tällä hetkellä Mäkelän maatilalla on käytössä hakelämmitys, jossa nykyinen tuhkanpoisto tapahtuu käsin lapioimalla tuhkat pois pesästä. Insinöörityön tavoitteena on automatisoinnilla helpottaa tätä prosessia.

Tuhkanpoistojärjestelmän suunnittelun lähtökohtana oli suunnitella helppohoitoinen, käytännöllinen ja lämpökeskuksen valmiuteen sopiva tuhkanpoistojärjestelmä. Lämpökeskuksessa sijaitsevan kattilan valmius määrittää tuhkanpoistotavan. Tuhkanpoistojärjestelmä tässä tapauksessa tarkoittaa kahta ruuvia ja vaihdemoottoria, jotka kuljettavat tuhkan kattilan pohjalta ulkona sijaitsevaan tuhka-astiaan. Lämpökeskuksen olemassa olevalla logiikkayksiköllä voidaan ajoittaa tuhkanpoistoa.

Työssä suunniteltiin sopivat tuhkankuljetusruuvit mittoineen, niihin sopivat moottorit, tuhka-astia ja eristykset. Tuhkaruuvien suunnittelussa kiinnitettiin paljon huomiota osien helppuuteen ja saatavuuteen. Työn toteutuksessa tuli huomioida myös paloturvallisuus sekä huoltotoimenpiteet.

Työ toteutettiin tutustumalla nykyiseen tuhkanpoistojärjestelmään paikan päällä, sekä haastattelemalla Mäkelän maatilalan omistajia. Haastattelujen lisäksi insinöörityö vaati laajaa tietopohjaa aiheesta, jonka kokoaminen onnistui käyttämällä kirjallisuutta sekä Internetiä. Mielenkiintoisuuden ja käytännöllisyyden sekä monipuolisten informaatiolähteiden ansiosta työ oli helppo toteuttaa.

---

Asiasanat: polttohake, kuljettimet, tuhka

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Program in Mechanical Engineering and Production Technology

---

Author: Marianne Keränen

Title of thesis: Automation of Ash Removing in Wood Chip Heating System

Supervisors: Matti Broström

Term and year of completion: autumn 2015

Number of pages: 28+6

---

The thesis deals with designing an automatic ash removal system for heating devices for the Mäkelä farm, which is located in Pirttikoski, Pyhäjoki. The requirement of the assignment was to design all necessary components for the ash removal system, which may later be used to implement the ash removal system. At the moment the Mäkelä farm is using wood chip heating, where the ash is currently removed manually by shoveling the ashes out of the furnace. The aim of the thesis was to use automation to help this process.

The starting point was to design an easily maintainable, practical and fitting ash removal system for the current heating plant. The heat boiler in a heating plant determines the ash removal method. In this case the ash removal system consists of two screw conveyors and a gear motor, which transport the ash from the bottom of the heat boiler to an ash bin outdoors. The existing logic unit can be used to schedule the ash removal.

In the assignment, fitting ash screw conveyors, their dimensions, suitable motors, ash bin and insulations were planned. The main focus in the ash removal system was on the costs and on the availability of the parts. In addition, fire safety and maintenance procedures were taken into account.

The assignment was carried out by orientating to the existing ash removal system on-site, as well as interviewing the Mäkelä farm's owners. In addition to the interviews, the thesis required extensive knowledge on the subject, which was gathered by using literature and the internet. The work was easy to implement because it was interesting, practical and a wide range of information sources were available.

---

Keywords: wood chips, conveyors, ash

## ALKULAUSE

Insinööritö tehtiin Pyhäjoen Pirttikoskella sijaitsevalle Mäkelän maatilalle. Insinööritöön tarkennettuna kohteena oli Mäkelän maatilán lämpökeskus. Työn valvojana oppilaitoksen puolesta toimi lehtori Matti Broström ja toimeksiantajayrityksen puolesta valvojana toimi maatilayrittäjä Jarmo Keskitalo. Insinööritöön aiheena oli suunnitella lämpökeskukseen automaattinen tuhkanpoistojärjestelmä, jonka toimeksiantaja myöhemmässä vaiheessa voi itse rakentaa. Tahdon sanoa kiitokseni yhteistyöstä Mäkelän tilan yhteyshenkilölle ja avomiehelleni Jarmo Keskitalolle, jonka ansiosta työn toteutus onnistui yli odotusten ja pysyi aikataulussa. Lisäksi tahdon kiittää Oulun ammattikorkeakoulun lehtoria Matti Broströmiä ja muita insinööritöissä avustaneita henkilöitä.

Pyhäjoella

Marianne Keränen

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
1.1 Mäkelän tila	10
1.2 Työn tavoitteet	11
2 HAKELÄMMITYS	12
2.1 Lämmitettävät alat	12
2.2 Puolilämmin hakesilo	13
3 LÄMPÖKESKUS	14
3.1 Kattila	14
3.2 Poltin	15
3.3 Lämminvesivaraaja	15
3.4 Lämmönjakokeskus	15
4 AUTOMAATTISEN TUHKANPOISTOJÄRJESTELMÄN LÄHTÖTIETOJA	16
4.1 Suunnittelun lähtökohdat	16
4.2 Tuhkanpoistojärjestelmän valinta	16
4.3 Moottorien valinta	17
4.4 Ruuvien läpiviennin eristeet	18
5 AUTOMAATTISEN TUHKANPOISTOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU	19
5.1 Ruuvien suunnittelu	19
5.2 Ruuvi 1	21
5.3 Ruuvi 2	22
5.4 Huolto	23
6 TUHKAKONTTI	24
7 PALOTURVALLISUUS	25
8 KEHITYSMAHDOLLISUUDET	26
9 YHTEENVETO	27

LÄHTEET	28
KANNATTAVUUSVERTAILU (2.) LIITE 1	29
TUHKAN METRIMASSAN (KG/M) LASKENTA LIITE 2	30
TAULUKKO 3. MATERIAALIEN OMINAISUUKSIA (3.) LIITE 3	31
TAULUKKO 8. VOIMANSIIRTOLAITTEIDEN HYÖTYSUHDE (3.) LIITE 4	32
TUHKAKONTIN SUUNNITTELUMITAT PÄÄLTÄ LIITE 5	33
TUHKAKONTIN SUUNNITTELUMITAT OIKEALTA LIITE 6	34

## SANASTO

Arina	Tulipesän ja tuhkalaatikon välissä oleva arina päästää ilman virtaamaan tuhkaluukun aukoista tulipesään.
Konvektio	Konvektio tarkoittaa lämmön kulkeutumista nesteessä tai kaasussa lämmön aiheuttamien virtausten mukana
Lämpökeskus	Lämpökattilan ja hakesiilon ja niissä olevien laitteiden muodostama kokonaisuus



# 1 JOHDANTO

Työ on tehty Mäkelän maitotilalle sen lämpökeskukseen, josta lämpiävät kaikki navetoiden ja rakennusten käyttövedet sekä rakennukset. Lämpökeskuksen kattilassa ongelmana on tuhka. Haketta polttamalla tuhkaa kertyy vuorokaudessa noin 10 litraa, kun haketurve-seoksella sitä kertyy noin 20 litraa. Tähän asti se on tyhjennetty käsin lapioimalla astiaan, joka kannetaan ulkona sijaitsevaan traktorin kauhaan. Kuvassa 1 näkyy Mäkelän tilan lämpökeskus, johon työssä suunnitellaan automaattinen tuhkanpoistojärjestelmä.



*KUVA 1. Yleiskuva lämpökeskuksesta*

Työssä suunnitellaan automaattinen tuhkanpoistojärjestelmä kattilaan, jossa on jo olemassa oleva valmius tuhkanpoistojärjestelmälle. Automaattinen tuhkanpoistojärjestelmä tulee tyhjentämään tuhkat automaattisesti logiikkakeskuksen avulla ulkona sijaitsevaan tuhka-astiaan. Kuvassa 2 näkyy, miten tuhka tyhjenetään nykyisin. Työssä täytyy huomioida lämpökeskukseen

liittyvät paloturvallisuusasiat, koska tuhkanpoistojärjestelmä viedään seinän läpi ulos. Tuhkanpoistojärjestelmälle täytyy myös laskea ja suunnitella oikeanlaiset moottorit, jotta ne toimisivat oikein. Entisaikaan kattilassa on myös poltettu roskia, joten täytyy miettiä, miten se onnistuisi tuhkanpoistojärjestelmän kanssa tulevaisuudessa. Roskien täytyisi ehtiä palaa kunnolla, ennen kuin tuhkat tyhjennetään kattilasta. Automatisointia pitää miettiä, sekä sitä, kuinka tiheään tyhjennykset joudutaan ajastamaan.



*KUVA 2. Nykyinen tuhkanpoistotapa*

Kattilasta kuljetettava tuhka putoaa ulkona sijaitsevaan tuhkakonttiin, joka myös työssä suunnitellaan. Tuhkakontti on kooltaan noin 2,5 m<sup>3</sup>. Sen takaosassa sijaitsevat sovitteet traktorin etukuormaimeen tyhjentämistä varten. Tyhjentäminen tapahtuu kippaamalla etukuormainta, jolloin kansiluukku avautuu ja tuhkat valuvat ulos.

### **1.1 Mäkelän tila**

Mäkelän tila on kehittyvä perheyrittys, jossa tuotetaan pääasiassa maitoa. Tila on perustettu vuonna 1959 Lele ja Seppo Keskitalon aloittaessa maidontuotantoa. Tilan nykyiset omistajat Jarmo, Tarja ja Jari Keskitalo rakensivat vuonna 2009 uuden Pellon-robottinavetan samaan pihapiiriin, jossa Lelyn lypsyrobotti lypsää vuorokauden ympäri maitoa. Vettä kuluu vuodessa noin 3500 kuutiota, josta lämmintä vettä on kymmenesosa.

## **1.2 Työn tavoitteet**

Työn tavoitteena on suunnitella tilalle toimiva, turvallinen sekä vaatimukset täyttävä tuhkanpoistojärjestelmä, joka toimisi automaattisesti lämpökeskuksen nykyisen logiikkakeskuksen kanssa. Työhön kuuluu suunnitella ja laskea matemaattisesti tuhkankuljetusruuvien mitat ja tarvittavat tehontarpeet, sekä niiden moottorit. Työssä täytyy huomioida sekä suunnitella paloturvallisuusasiat ruuvien läpiviennissä seinästä, ottaa huomioon logiikkakeskukseen ruuvien ohjelmoiminen, sekä piirtää osien ja laitteiden kokoonpanot. Logiikkakeskukseen ruuvien ohjelmoiminen vaatii sähköalan ammattiosaamista, jonka suorittaa sähkömies.

## 2 HAKELÄMMITYS

Mäkelän tilalla lämmitysmuotona on hakelämmitys, joka on Suomessa yleisin lämmitysmuoto maataloilla. Hakelämmitystä voidaan käyttää myös esimerkiksi omakotitaloissa, halleissa, kuntien lämpökeskuksissa, kaukolämpöverkkojen lämmityksessä ja viljan kuivaamoissa. Hakkeella voidaan työllistää myös hakkeen tekijä, koska raaka-aine on yleisimmin saatavina Suomen metsistä. Haketta käytetään polttoaineena sen edullisuuden vuoksi, se maksaa valmiina ostettuna noin 24€ /m<sup>3</sup>. Haketta kuluu paljon, sillä kuutiometri haketta vastaa lämpöarvoltaan noin 80 litraa kevyttä polttoöljyä. (1.)

Hake on metsähaketta, jota tehdään metsistä korjatuista raaka-aineista. Metsähaketta voidaan tehdä latvoista, kokopuusta, rangoista, pölkyistä sekä muusta puutavarasta. (2.)

Hakkeen normaalipalakoko on 6-32 mm, sen mittavaihtelu siis on 26mm. Keskilaadun hakkeen kosteus on 30–45% ja tehollinen lämpöarvo on noin 0,7 – 1,0 MWh/i-m<sup>3</sup>. Näillä hakkeen mitoilla, kosteusprosentilla ja lämpöarvolla syntyy tuhkaa 10–15% hakkeen määrästä.

Hake ei ole aina yhtä laadukasta, se voi olla jopa niin märkää, että se ei pala kunnolla. Silloin voidaan joutua laittamaan hieman turvetta joukkoon kuivattamaan haketta. Turve tuottaa lämpöä hiukan enemmän kuin hake. Turpeen tehollinen lämpöarvo on 0,9-1,4 MWh/i-m<sup>3</sup>, mutta se tuottaa kovempaa tuhkaa, joka sitten täytyisi saada rikottua myös ruuvissa. Ruuviin suunnitellaan jonkinlainen rikkoja, joka murtaa kovan tuhkan ruuvissa. Liitteessä 1 vertaillaan eri polttoaineiden kannattavuutta, josta huomataan, että turpeella lämmittäminen on kaikista polttoaineista edullisinta. Turvetta kuitenkin ei käytetä koko aikaa, koska haketta on helpompi hankkia tilan omista metsistä. (3.)

### 2.1 Lämmitettävät alat

Lämpökeskuksella on pinta-alaa lämmitettävänä noin 775 m<sup>2</sup>, joka koostuu seuraavasti: uuden navetan toimitilat, kaksi isoa omakotitaloa, 200 m<sup>2</sup>:n konehalli ja toinen noin puolet pienempi konehalli. Näiden lisäksi kaikkien rakennusten käyttövedet myös lämmitetään lämpökeskuksen tuottamalla lämmöllä.

## **2.2 Puolilämmin hakesiilo**

Lämpökeskuksen yhteydessä sijaitsee 15 m<sup>3</sup>:n kokoinen hakesiilo, joka sijaitsee eristetyssä huoneessa. Hakesiiloon ohjataan lämmintä ilmaa huoneesta, jossa kattila sijaitsee. Siilosta hake kulkeutuu syöttöruuvien avulla palopäähän, joka sijaitsee kattilassa. Hakesiilon pohja on viistomainen, ja seinät ovat vaneria. Siilon pohjassa on myös metalliraapat, jotka tekevät edestakaista liikettä. Raapat edistävät hakkeen kulkua syöttöruuville. Hakesiilo täytetään pakkaskaudella kerran viikossa ja kesäkaudella täyttöväli voi olla jopa kolme viikkoa.

## 3 LÄMPÖKESKUS

### 3.1 Kattila

Kattila sijaitsee lämpökeskuksessa, keskeisellä paikalla muihin osiin nähden. Sen kokonaismitat ovat: korkeus 1 520 mm, leveys 820 mm ja syvyys 1 420 mm. Kuvassa 3 näkyy kattila ulkopuolelta. Tuhka muodostuu sen pohjalle. Kattilalla lämmitetään väliainetta, tässä tapauksessa vettä, polttoaineen palamisesta vapautuvalla energialla. Kattila on teholtaan 80 kW, ja sen maksimi käyttöpainne 3 bar mahdollistaa 130 °C:n lämpimän käyttöveden. Lämmintä vettä kuluu maatilalla paljon, sillä Lelyn lypsyrobotti vaatii lähes kokoajan 60-asteista lämmintä vettä desinfiointiin ja puhdistuksiin. Kattilassa oleva vesi on kuitenkin noin 80-asteista. Lämmön talteenotto tapahtuu konvektion avulla, jossa lämpö siirtyy palokaasusta kattilan teräspintaa myöden veteen. (4.)



KUVA 3. Säättötulen valmistama 80kW kattila

Kattilassa on olemassa automaattinen palokanavien nuohousjärjestelmä, joka toimii paineilman avulla. Paineilma puhaltaa palokanavat tuhkasta puhtaaksi määrätyn ajan välein. Puhtaista palokanavista lämpö kulkeutuu paremmin veteen, joten lämmön talteenotto tehostuu.

### **3.2 Poltin**

Poltin eli palopää polttaa kattilaan kulkeutuvaa polttoainetta eli haketta tai turvetta. Polttoaineen palamista tehostetaan kahdella sähköpuhaltimella, jotka puhaltavat ilmaa palopään pohjasta ja seinämistä kattilaa kohti. Puhaltimilla voidaan säätää palamisilmojen suhdetta hakkeen kosteuden mukaan. Polttimossa on huoltotoimenpiteitä varten irrotettavat valurauta-arinat. Arinoiden päällä on arinakoneikko, jota kutsutaan liikkuvaksi arinaksi. Sen tehtävä on ehkäistä tuhkasta tulevaa kiven muodostumista ja pitää arina puhtaana. Poltin on kooltaan 120 kW ja mitoiltaan 490 mm x 440 mm x 820 mm.

### **3.3 Lämminvesivaraaja**

Lämminvesivaraaja on ruostumattomasta teräksestä tehty vesisäiliö, joka on eristetty villalla ja päällystetty pellillä. Tilavuudeltaan varaaja on keskikokoluokkaa, sinne mahtuu 2000 l vettä. Kuuma vesi kiertää kattilasta varaajaan kiertovesipumpun avulla.

### **3.4 Lämmönjakokeskus**

Lämmönjakokeskus jakaa lämmön kahteen taloon, navetan toimistoihin ja konehalleihin. Lämpö kulkeutuu maassa sijaitsevien lämpökanaalien avulla eri kohteisiin. Kuuma vesi kiertää kiertovesipumppujen avulla kanaaleissa, joita on yhteensä noin 230 metriä.

## **4 AUTOMAATTISEN TUHKANPOISTOJÄRJESTELMÄN LÄHTÖTIETOJA**

### **4.1 Suunnittelun lähtökohdat**

Suunnittelun lähtökohtana on suunnitella toimiva ja edullinen tuhkanpoistojärjestelmä, joka tyhjentäisi automaattisesti tuhkan pois kattilan pesästä ulkona sijaitsevaan tuhka-astiaan. Lämpökeskuksessa sijaitseva logiikkakeskus tulisi ohjaamaan tuhkanpoistojärjestelmää siten, että se tyhjentäisi pesää tietyssä suhteessa poltettuun hakkeeseen. Ruuvien pituudet määräytyvät pitkälti seinän läpiviennin pituudesta, ja tuhkakontin sijainnista. Ruuvi 1:n pituus on 2000 mm ja ruuvi 2:n pituus on 2480 mm.

### **4.2 Tuhkanpoistojärjestelmän valinta**

Tuhkanpoistojärjestelmiä on olemassa muutamia markkinoilla, niistä yleisimpiä ovat tuhkaaimuri, vesiklosettiratkaisu, märkäkola ja tuhkanpoistoruuvit. Tuhkaaimurilla imetään tuhkat manuaalisesti pesästä. Automatisoinnin vaikeuden takia tuhkaaimuri ei sovellu tähän tapaukseen. Vesiklosettiratkaisu tarkoittaa tuhkan huuhtelua vesisuihkulla arinan alla olevasta syvennyksestä erotuskaivoon. Tämän tuhkanpoistojärjestelmän käyttö ei sovellu kattilan kanssa yhteen. Märkäkola taas on isompien lämpölaitosten ratkaisu.

Tuhkanpoistojärjestelmän valinta perustuu hyvin pitkälle siihen, mikä sopii kattilan kanssa yhteen. Valitaan siis kuljetintyypiksi ruuvit, joilla tuhka kuljetetaan kuivana ulos kattilasta. Kattilassa on jo olemassa valmius ruuvikuljettimelle, joka tulisi palopään alle keskelle tulipesää. Ruuvin halkaisija määräytyy suoraan kattilan valmiuden mukaan, siihen ei käy isompi eikä pienempikään ruuvi. Kuvassa 4 näkyy nuolen osoittamassa paikassa valmis lähtö tuhkanpoistojärjestelmälle. Tuhkanpoistoruuvi lähtee kattilan sisältä ja päättyy rakennuksen ulkopuolelle harkkoseinän lävitse.





KUVA 4. Tuhkaruuvien lähtöpaikka

#### 4.3 Moottorien valinta

Tuhkankuljetusruuvi vaatii tekniikaltaan sellaista moottoria, jolla olisi matalat kierrosnopeudet tarvittavaan tehoon nähden. Moottorin tulisi olla myös edullinen, yksinkertainen rakenteeltaan ja mahdollisimman huoltovapaa. Matalan kierrosnopeuden vuoksi moottorin suorakytkentä ruuviin ei ole mahdollista, vaan väliin tarvitaan vaihteet. Yhtenä vaihtoehtona olisi tehdä kiilahihnavälitys moottorin ja ruuvien väliin. Tällä ratkaisulla ruuvien kierrokset jäivät kuitenkin helposti liian korkeiksi, eikä kiilahihnan huoltovapaus ole taattu.

Kaikista maailman moottoreista päädyttiin yksinkertaisuuden vuoksi käyttämään vaihdemoottoria. Vaihdemoottoreita on olemassa myös useampia tyyppejä, kuten kierukkavaihdemoottoreita, kierukkahammasvaihdemoottoreita, kartiovaihdemoottoreita, tappivaihdemoottoreita sekä hammasvaihdemoottoreita.

Päädyttiin tässä tapauksessa käyttämään kahta hammasvaihdemoottoria tuhkaruuveilla. Hammasvaihdemoottorit ovat yleisimpiä moottoreita ruuveissa ja kuljettimissa edullisuuden ja yksinkertaisen kiinnityksen vuoksi. Kuvassa 5 näkyy Siemensin valmistama hammasvaihdemoottori, joka olisi hyvä ratkaisu tuhkaruuvien kanssa.



*KUVA 5. Siemensin valmistama hammasvaihdemoottori (5.)*

#### **4.4 Ruuviv läpiviennin eristeet**

Tuhkaruuvi tarvitsee palonkestävän eristeen ruuviv läpivientiin seinästä. Eristeeksi valitaan palosuojalevyä, joka on palamatonta kivivillaeristettä. Kuvassa 6 näkyy Parocin FPS 14 – palosuojalevyä, joka sopii eristeeksi läpiviennille. Lisäksi eristeiden päälle laitetaan peltikehys, joka pitää villat paikoillaan ja suojaa kosteudelta.

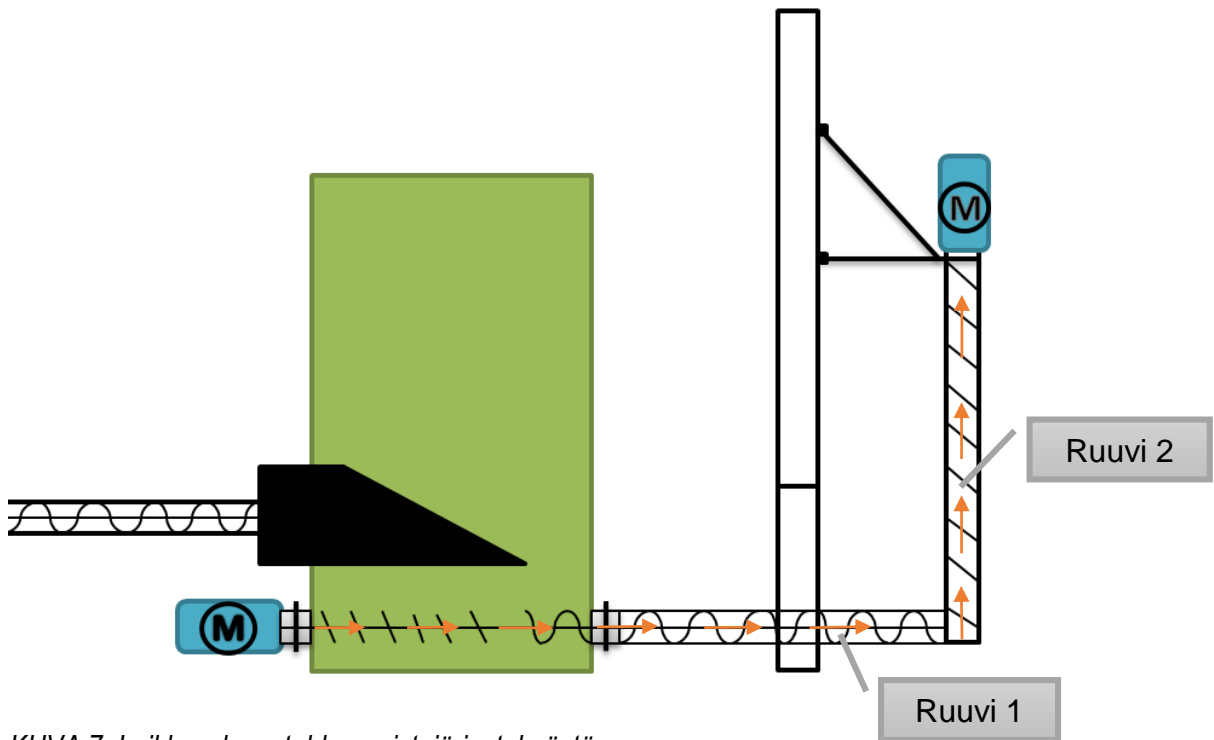


*KUVA 6. Paroc FPS 14 – palosuojalevyä (6.)*

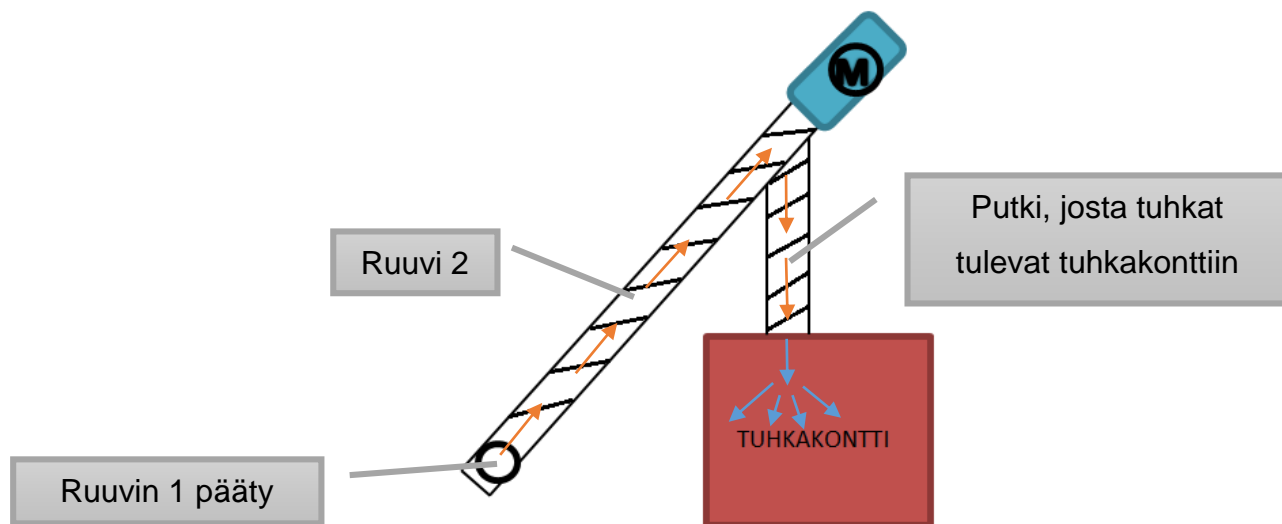
## 5 AUTOMAATTISEN TUHKANPOISTOJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU

### 5.1 Ruuvien suunnittelu

Kattilasta poistettava tuhka on lämmintä ja kuivaa hienojakoista tuhkapölyä, jota ruuvi kuljettaa kattilasta ulos. Tuhkaruuvien täytyy olla palamatonta materiaalia. Ruuvien ulkokuoren materiaaliksi voidaan käyttää mustaa terästä. Ruuvien ulkokuori on tiivis putki, jonka päissä ovat laipat sekä laakeroinnit. Tuhka ei pääse varisemaan ruuvista pois, vaan kulkeutuu suoraan tuhkakonttiin. Kuvissa 7 ja 8 nähdään yleisnäkymä tuhkanpoistojärjestelmästä.



KUVA 7. Leikkauskuva tuhkanpoistojärjestelmästä



KUVA 8. Tuhkaruuvi ulkoapäin

Ruuvien tehontarpeeseen vaikuttavat useat eri tekijät, joita ovat: materiaalin kitka kourun seinämiä vasten, materiaalin kitka kierrettä vasten, laakerikitka päätylaakereissa, sekoituskitka materiaalin sisällä ja nostoteho kaltevassa kuljettimessa. (3.)

Kattilalta lähtevä valmius tuhkan kuljetusruuville on jo olemassa, joka samalla määrittää ruuvin halkaisijan. Tuhkaruuvien ulkokuori, eli putki on ulkohalkaisijaltaan  $D = 130$  mm. Ruuvien halkaisijan täytyy siis olla pienempi, kuin ulkokuori ja mitä pienempi keskiöputki ruuvissa on, sen enempi siihen mahtuu tuhkaa kulkemaan.

Latta-aihiolla pienin keskiöputki on halkaisijaltaan 40 mm, jossa ruuvien ulkohalkaisija on 120 mm. Latta-aihiolla on Loimaalla sijaitseva yritys, joka tekee erilaisia ruuveja, laippa-aihoita ja taivutuksia. Kyseisessä ruuvissa lattakoko on  $10 \times 40$  mm, ja kierteen nousu valittavissa haluamansa mukaan. Valitaan kierteen nousuksi 100 mm. (7.) Laakereiksi valitaan kaksi kappaletta 40 mm laippalaakereita, jota IKH myy edulliseen hintaan. (8.)

## 5.2 Ruuvi 1

Materiaalin kitkasta kourua ja kierrettä varten aiheutuva tehontarve (P) voidaan laskea kaavalla (1). (3.)

$$P = \frac{1}{102} m \times g \times L \times \mu_{qk} \times n (s + 0,75 \mu_{qr} \pi \times D) \text{ (kW)} \quad (1),$$

missä

m on tuhkan massa (6,42 kg/m) (Liite 2),

g 9,81m/s<sup>2</sup>,

L on kuljettimen kuormattu pituus (2000 mm),

$\mu_{qk}$  tuhkan ja kourun välinen kitkakerroin (0,84) (Liite 3),

n on ruuvien kierrosluku 2,89 1/s ( $\frac{K}{\sqrt{D}} = \frac{1}{\sqrt{0,12}}$ ) (3.),

s on ruuvien nousu = 0.1 m,

$\mu_{qr}$  tuhkan ja kierteen välinen kitkakerroin (0,84) ja

D on 120 mm.

Ruuvien 1 kourua ja kierrettä varten aiheutuvaksi tehontarpeeksi saatiin tulokseksi 1,011 kW.

Laakerikitkoille ruuvien päätylaakereissa ja sekoituskitkalle materiaalin sisällä on olemassa huomioon ottava kerroin  $k_3 = 1,3$ . Tätä lukua voidaan käyttää moottoritehon laskennassa.

Vaihdemoottorin moottoriteho  $P_m$  on laskettavissa kaavalla (2), kun tehontarve P on tiedossa.

$$P_m = \frac{k_3 \times P + P_n}{\eta} \quad (2),$$

missä

$k_3 = 1,3$

P = 1,011 kW

$\eta$  = välityksen hyötysuhde 0,99 (Liite 4) ja

$P_n = 0$ , koska ruuvi on vaakasuora.

Ruuville 1 vaihdemoottorin moottoritehoksi saadaan laskettua 1,32 kW. Moottoritehon tulee vähintään olla 1,32 kW, että se jaksaa pyörittää kunnolla ruuvia. Hammasvaihteen kierrosnopeudeksi saadaan laskettua 174 r/min (2,89 r/s).

### 5.3 Ruuvi 2

Käyttämällä samaa kaavaa (1), mutta vaihtamalla  $L$  = kuormattu pituus oikeaksi (2480 mm), saadaan ruuville 2 laskettua tehontarve. Ruuville 2 kourua ja kierrettä varten aiheutuvaksi tehontarpeeksi saatiin tulokseksi 1,25 kW. Laakerikitka ruuvien päätylaakereissa ja sekoituskitka materiaalin sisällä on sama kerroin kun ruuvissa 1 (kerroin 1,3).

Ja kun kuljetin on kaltevassa asennossa, täytyy laskea ruuvi 1:n nostoteho  $P_n$ , joka saadaan kaavalla (3)

$$P_n = \frac{Q_t H}{367} \text{ (kW)} \quad (3)$$

missä

$Q_t$  on kuljettimen kapasiteetti (t/h) ja

$H$  nostokorkeus = syöttö- ja purkauskohtien korkeusero (1,5 m).

$$Q = 3600 A \times v \times \rho$$

$$3600 \frac{\pi(0,12^2 - 0,04^2)}{4} \times 0,20 \times 0,6 =$$

$$3600 \times 0,01 \times 0,20 \times 0,6 = 4,32 \text{ t/h}$$

$$(\rho = 0,6 \text{ t/m}^3)$$

Materiaalin nopeus =  $v$  lasketaan seuraavalla kaavalla (4). (3.)

$$v = c \times k \times s \times n \left( \frac{m}{s} \right) \quad (4)$$

missä

$c = 1,00$  kerroin, joka ottaa huomioon kierremallin (3.)

$k =$  kaltevuuskerroin 0,7 (3.)

$s = 0.1 \text{ m}$  ja

$n = \text{ruuvien kierrosluku } 2,89 \text{ 1/s.}$

Näillä arvoilla saadaan laskettua

$$v = 1,0 \times 0,7 \times 0,10 \times 2,89 = 0,20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kun kaikki tekijät ovat tiedossa, saadaan kuljettimen nostotehoksi laskettua  $0,018 \text{ kW}$ .

Vaihdemoottorin moottoriteho  $P_m$  on laskettavissa kaavalla (2), kun tehontarve  $P$  ja nostoteho  $P_n$  on tiedossa.

$$P_m = \frac{k_3 \times P + P_n}{\eta} \quad (2),$$

missä

$$k_3 = 1,3$$

$$P = 1,25 \text{ kW}$$

$$P_n = 0,018 \text{ kW}$$

$\eta = \text{välityksen hyötysuhde } 0,99 \text{ (Liite 4)}$

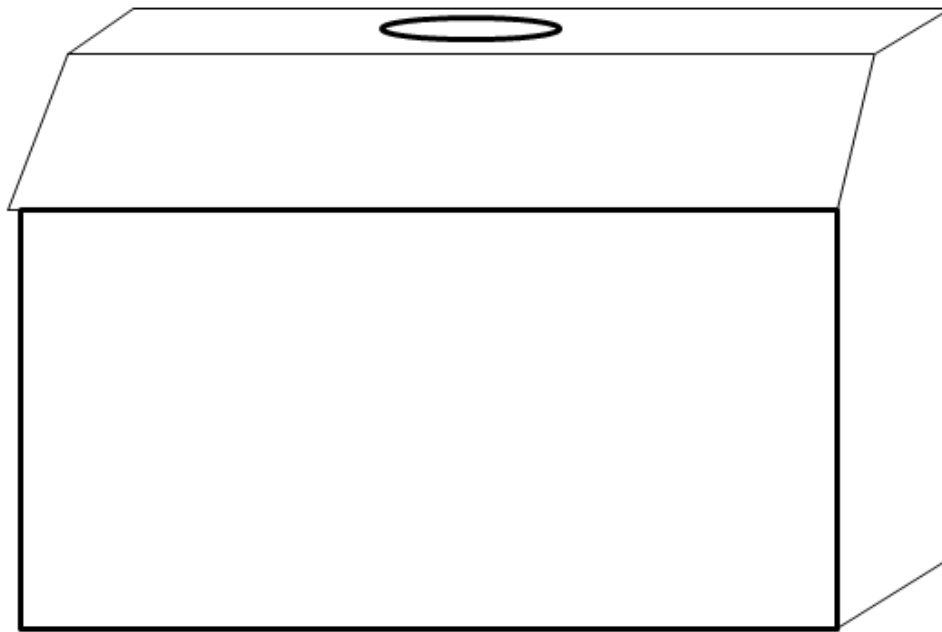
Ruuville 2 vaihdemoottorin moottoritehoksi saadaan kaavalla (2) laskettua  $1,66 \text{ kW}$ . Moottoritehon tulee vähintään olla  $1,66 \text{ kW}$ , että se jaksaa pyörittää kunnolla ruuvia. Hammasvaihteen kierrosnopeudeksi saadaan laskettua  $174 \text{ r/min}$  ( $2,89 \text{ r/s}$ ).

## 5.4 Huolto

Tuhkaruuvien vaihdemoottorien huolto tehdään tietyin väliajoin valmistajan ohjeiden mukaisesti. Ruuvien laakerit tarkistetaan ja rasvataan puolen vuoden välein. Tuhkakontin tyhjennys tehdään, kun konttiin ei mahdu enempää tuhkaa. Tyhjennys suoritetaan traktorin etukuormaimella.

## 6 TUHKAKONTTI

Tuhkakontti on olennainen osa tuhkanpoistojärjestelmää. Tuhkakontti tulee sijaitsemaan ulostulevan tuhkaruuvien pään alapuolella. Kuvassa 8 näkyy, että se on suljettu kontti, jonka kannessa on reikä ruuvien pudotusputkea varten. Liitteessä 5 ja 6 olevat tuhkakontin suunnittelukuvat on tehty 3 mm vahvuisesta pelistä, jonka sisällä on vahvemmat tukiraudat pitämässä konttia kasassa. Kuvassa on esitetty mitat, materiaalit ja tukirautojen paikat tuhkakontissa. Taakse tulevat sovitteet traktorin etukuormaajaa varten. Ne ovat vahvat koukut, joiden alapuolella on reikä lukitustappia varten.



KUVA 9. Tuhkakontti ulkoapäin



## 7 PALOTURVALLISUUS

Lämpökeskukseen tehdään vuosittain palotarkastus, jossa katsotaan että paloturvallisuusasiat ovat kunnossa ja sammutuskalustoa löytyy. Lämpökeskukseen riittää yksi 12 kg jauhesammutin täyttämään paloturvallisuuden ehdot.

Paloturvallisuus on toteutettava noudattaen kattilan valmistajan eli Säädetulen ohjeita. Tuhkaruuvien on oltava tiiviit ja palamatonta materiaalia, eivätkä sen läpiviennit saa heikentää palo-osastointia. Tuhkaruuvit on paloeristettävä syttyvistä rakennusmateriaaleista ja sen ympärillä tulee olla 10 cm palovillaa. Turvaetäisyydet syttyviin materiaaleihin on oltava tarpeeksi suuret, ettei syttymistä tapahdu ollenkaan. Tuhkakontti tulee myös olla syttymätöntä materiaalia. (9; 10.)

## 8 KEHITYSMAHDOLLISUUDET

Mäkelän tilalla kehitetään maidontuotannon lisäksi myös lämpökeskusta lämmitysalojen kasvaessa kokoajan isommiksi. Tarpeellisimpana kehitysmahdollisuutena tällä hetkellä on varajärjestelmä laiterikon sattuessa, sillä silloin lämpökeskus voi olla toimimatta jopa useita päiviä. Varajärjestelmänä toimisi öljypoltin tai sähkövastukset.

Lämpökeskusta kehittäessä seuraavana tulee vastaan kattilan teho. Tällä hetkellä kattilan lämmitysteho riittää juuri tilan tarpeisiin. Kattila tulee luultavasti vaihtaa jossain vaiheessa isompaan.

Kattilaan voi myös laittaa paineilmanuohousjärjestelmän, joka nuohoo savukanavat automaattisesti paineilmalla oman logiikkakeskuksen ohjaamana. Hakesiilo voidaan muuttaa tankopurkainjärjestelmäksi, jolloin hakesiilon koko kasvaa huomattavasti.

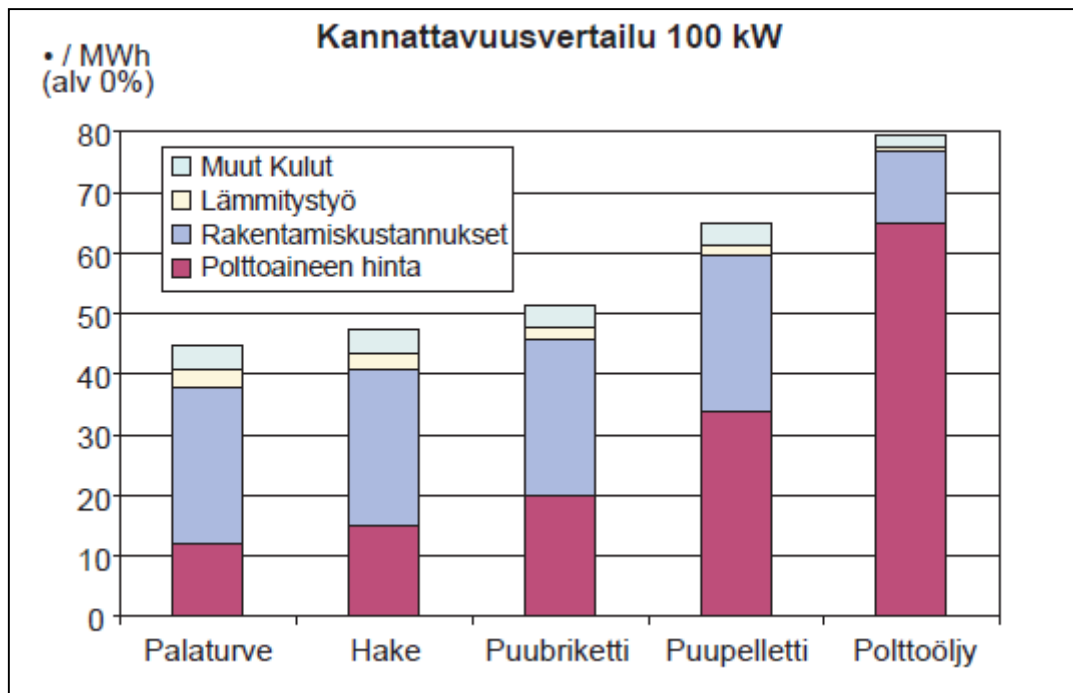
## 9 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella tuhkanpoistojärjestelmä Mäkelän tilan pannuhuoneeseen. Työ aloitettiin Mäkelän tilalla tutustumalla lähtökohtiin, jonka jälkeen pohdittiin oikeaa tuhkanpoistojärjestelmää. Oikeaksi tuhkanpoistojärjestelmäksi valittiin tuhkankuljetusruuvit, jotka kuljettavat tuhkan automaattisesti ulkona sijaitsevaan tuhka-astiaan. Työssä ruuvit on suunniteltu täysin valmiiksi, jonka vuoksi toteutus voidaan tehdä milloin vain.

Opinnäytetyön aihe oli sopivan yksinkertainen ja sopivan laaja yhden henkilön toteutettavaksi. Tietopohjan kerääminen onnistui hyvin käyttämällä kirjallisuutta ja Internetiä. Nämä lähteet tukivat hyvin haastatteluja sekä tuhkanpoistojärjestelmään tutustumista. Insinöörityön pääimmäisenä tavoitteena oli suunnitella tuhkanpoistojärjestelmä, joka käytännöllistää ja helpottaa tuhkanpoistoprosessia. Tämä tavoite täyttyi odotusten mukaisesti. Työn ohessa kerättyä tietopohjaa voi myös jatkossa käyttää hyödyksi.

## LÄHTEET

1. Hakkeen hinnasto. 2015. Hake. Saatavissa: <http://www.hake.fi/hinnasto/>. Hakupäivä 11.10.2015
2. Maatilan hakelämmitysopas. 2008. Metsäkeskus. Saatavissa: <http://www.bioenergiaporssi.fi/k%C3%A4sitteet-ja-laskurit/pilketuotanto-ja-maatilan-hakel%C3%A4mmitys-opas>. Hakupäivä 23.10.2014.
3. Hakkeen ja palaturpeen vastaanotto-, varastointi- ja kuljetinlaitteiden suunnitteluperusteet. 1983. Helsinki: Suomen itsenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto.
4. Säättötulen tuotteet ja tekniset tiedot. 2014. Säättötuli. Saatavissa: [http://www.saatotuli.fi/tmp\\_saatotuli2010\\_site\\_1.asp?sua=2&lang=1&s=170](http://www.saatotuli.fi/tmp_saatotuli2010_site_1.asp?sua=2&lang=1&s=170). Hakupäivä 28.10.2014.
5. Moottorit, moottorikäytöt ja liikenteenohjaus. 2015. Siemens. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/moottorit\\_moottorikaytot\\_ja\\_liikkeenohjaus.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/moottorit_moottorikaytot_ja_liikkeenohjaus.htm). Hakupäivä 10.2.2015.
6. Palovillaeristeet. 2015. Paroc. Saatavissa: <http://www.paroc.fi/ratkaisut-tuotteet/tuotteet/pages/palosuojeristeet-/paroc-fps-14>. Hakupäivä 23.7.2015
7. Ruuvikierteet. 2015. Latta-aiho. Saatavissa: <http://latta-aiho.fi/etusivu>. Hakupäivä 11.2.2015.
8. Laakeri ruuveihin. 2015. IKH. Saatavissa: <http://www.ikh.fi/product.asp?sua=1&lang=1&s=24184&nav=900100297>. Hakupäivä 29.9.2015
9. Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. 2015. Finlex. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/10530-37-3762-4.pdf>. Hakupäivä 4.2.2015.
10. Tuhkankuljetuksen paloturvallisuusasiat. 2015. Pohjanmaan pelastuslaitos. Saatavissa: [http://www.pohjanmaanpelastuslaitos.fi/Suomeksi/Turvallisuuspalvelut/Rakenteellinen\\_paloturvallisuus/Kattilahuone](http://www.pohjanmaanpelastuslaitos.fi/Suomeksi/Turvallisuuspalvelut/Rakenteellinen_paloturvallisuus/Kattilahuone). Hakupäivä 22.7.2015



Kuvassa on metsäkeskuksen energianeuvojan tekemä kannattavuuslaskelma vuodelta 2008. (2.)

## TUHKAN METRIMASSAN (KG/M) LASKENTA

## LIITE 2

Lasketaan paljonko tuhka painaa tuhkaruuvissa (metrin mittaisella matkalla).

Putken tilavuus =  $V = A \times h$

$$(A = \pi r^2 = \pi \times 65\text{mm}^2 = 13273\text{mm}^2)$$

$$V = 13273\text{mm}^2 \times 1000\text{mm} = \underline{0,013\text{m}^3}$$

Akselin tilavuus =  $V = A \times h$

$$(A = \pi r^2 = \pi \times 20\text{mm}^2 = 1257\text{mm}^2)$$

$$V = 1257\text{mm}^2 \times 1000\text{mm} = \underline{0,001257\text{m}^3}$$

Ruuvien lehden tilavuus (nousu 100mm) =

$$\text{Metrin matkalla nousuja} = 1000\text{mm} / 100\text{mm} = 10$$

$$\text{Yhden nousun pituus suoraksi muutettuna} = P = 2\pi r = 251,3\text{mm}$$

$$\text{Pituus yhteensä} = 10 \times 251,3\text{mm} = 2513\text{mm}$$

$$\text{Tilavuus yhteensä} = 2513\text{mm} \times 10\text{mm} \times 40\text{mm} = \underline{0,001005\text{m}^3}$$

$$\text{Tilavuutta tuhalle jää} = 0,013\text{m}^3 - 0,001257\text{m}^3 - 0,001005\text{m}^3 = 0,0107\text{m}^3$$

Tuhka painaa  $600\text{kg/m}^3$ .

$$\text{Tuhka siis painaa } 0,0107\text{m}^3 \text{ alalla } 6,42\text{kg}. (600\text{kg} \times 0,0107\text{m}^3)$$

Taulukko 3. Materiaalien ominaisuuksia /20, 25, 40, 47/  
 Kitkakerroin kuljetettavan aineen ja teräksen välillä  
 ( $\mu_q$ ,  $\mu_{qk}$ ,  $\mu_{qr}$ )

$\alpha_0$  = alusta (vaneri) paikallaan  
 $\alpha$  = alusta (vaneri) liiketilassa

Materiaali	Lämpöarvo MWH/i-m <sup>3</sup>	Irtotiheys t/i-m <sup>3</sup>	Asettumiskulma ( $\alpha$ )		Kitka- kerroin
			$\alpha$	$\alpha_0$	
Polttohake	0,90	0,23–0,37		42,6	0,45
Palaturve	1,4	0,30–0,45		25,5	0,70
Jyrsinturve	0,9	0,25–0,40		43,4	0,67
Turvebriketti	4,0	0,70–0,80			0,44
Turvepelletti	3,1	0,7		34,5	
Olki	0,4	0,1	39	41,5	0,77
Sahanpuru	0,64	0,16–0,32			
Höylänlastut	0,4	0,08			0,40
Havupuun kuori	0,55–0,72	0,30–0,45	40	50	0,84
Tuhka, kuiva		0,4–0,6			0,70
» märkä					

Arvot ovat keskimääräisiä, esim. eri hake- ja jyrsinturvelaaduilla on ominaisuuksissa melko suuria eroja. Taulukossa 4 esitetään kitkakertoimia muilla alustoilla.

Taulukko 8. Voimansiirtolaitteiden hyötysuhde.

Kiilahiha- välityks		0,93
Rullaketju- välityks		0,95
Koteloi- maton hammaspyörä- pari		0,95
Hammasvai- hde ja	1-portainen	0,99
hammasvai- hdemoottori	2-portainen	0,98
	3-portainen	0,97
Kierukkavai- hde		0,7–0,95
Hydrauli- nen kytkin		0,95



